

La météorisation sur les hauts plateaux de la Gaspésie (Québec) : quelques aspects

Weathering in the High Plateaux Regions of Gaspésie: Some Aspects

Meteorisierung auf den Hochplateaus der Gaspésie, Québec: einige Aspekte

Pierre Bédard et Peter P. David

Volume 45, numéro 2, 1991

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032860ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032860ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Bédard, P. & David, P. P. (1991). La météorisation sur les hauts plateaux de la Gaspésie (Québec) : quelques aspects. *Géographie physique et Quaternaire*, 45(2), 195–211. <https://doi.org/10.7202/032860ar>

Résumé de l'article

Vingt-six nouveaux sites d'altérites, souvent appelées saprolites, ont été découverts sous les dépôts meubles des hauts plateaux de la Gaspésie. Ces altérites, qui appartiennent à une ancienne surface de météorisation tronquée, ont une composition minéralogique et géochimique distinctes à la fois de la roche en place et des dépôts sus-jacents. L'âge de ces altérites est probablement tertiaire. La préservation préférentielle des altérites sur les versants NNO et SSE des montagnes, c'est-à-dire en amont et en aval par rapport à l'écoulement glaciaire régional, est interprétée comme un nouvel indicateur de glaciation continentale en Gaspésie. Trois autres surfaces de météorisation stratigraphiquement plus jeunes ont été reconnues dans les dépôts sus-jacents. Ces surfaces sont: 1) la surface actuelle, 2) une surface interstadienne et 3) une surface interglaciaire. L'âge relatif de ces surfaces de météorisation a été estimé par comparaison des caractères morphologiques, minéralogiques, géochimiques et stratigraphiques des matériaux qui leurs sont associés. 1) Les colluvions de surface, qui représentent la plus jeune surface de météorisation, n'ont été exposées qu'aux processus de météorisation postglaciaire; leurs fractions argileuses montrent un lessivage en Mn, Co, Cu, Pb, Zn, As et U, et un enrichissement en Cr et Fe par rapport aux sédiments glaciaires sous-jacents. 2) Les dépôts de pente intertill présentent la période de météorisation précédente; ces dépôts sont formés de géli-fracts qui ne montrent aucun indice d'altération géochimique. Ils se sont formés sous un climat périglaciaire, durant un interstadienne. 3) Les colluvions oxydées en position stratigraphique infratill représentent une troisième période de météorisation; leur degré d'altération se compare à celui des colluvions de surface exposées aux conditions climatiques actuelles et leur âge serait donc interglaciaire.

LA MÉTÉORISATION SUR LES HAUTS PLATEAUX DE LA GASPÉSIE (QUÉBEC): QUELQUES ASPECTS

Pierre BÉDARD et Peter P. DAVID, Département de géologie, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale A, Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ Vingt-six nouveaux sites d'altérites, souvent appelées saprolites, ont été découverts sous les dépôts meubles des hauts plateaux de la Gaspésie. Ces altérites, qui appartiennent à une ancienne surface de météorisation tronquée, ont une composition minéralogique et géochimique distinctes à la fois de la roche en place et des dépôts sus-jacents. L'âge de ces altérites est probablement tertiaire. La préservation préférentielle des altérites sur les versants NNO et SSE des montagnes, c'est-à-dire en amont et en aval par rapport à l'écoulement glaciaire régional, est interprétée comme un nouvel indicateur de glaciation continentale en Gaspésie. Trois autres surfaces de météorisation stratigraphiquement plus jeunes ont été reconnues dans les dépôts sus-jacents. Ces surfaces sont: 1) la surface actuelle, 2) une surface interstadiale et 3) une surface interglaciaire. L'âge relatif de ces surfaces de météorisation a été estimé par comparaison des caractères morphologiques, minéralogiques, géochimiques et stratigraphiques des matériaux qui leurs sont associés. 1) Les colluvions de surface, qui représentent la plus jeune surface de météorisation, n'ont été exposées qu'aux processus de météorisation postglaciaire; leurs fractions argileuses montrent un lessivage en Mn, Co, Cu, Pb, Zn, As et U, et un enrichissement en Cr et Fe par rapport aux sédiments glaciaires sous-jacents. 2) Les dépôts de pente intertill présentent la période de météorisation précédente; ces dépôts sont formés de gélifracas qui ne montrent aucun indice d'altération géochimique. Ils se sont formés sous un climat périglaciaire, durant un interstadiaire. 3) Les colluvions oxydées en position stratigraphique infratill représentent une troisième période de météorisation; leur degré d'altération se compare à celui des colluvions de surface exposées aux conditions climatiques actuelles et leur âge serait donc interglaciaire.

ABSTRACT *Weathering in the high plateaux regions of Gaspésie: some aspects.* Twenty-six deeply weathered bedrock occurrences, formally described as saprolites, were discovered underlying the unconsolidated sediments in the plateaux regions of Gaspésie. These occurrences, which are erosional remnants of an old weathering surface, are preferentially preserved on slopes oriented to NNW and SSE. The weathered bed rock is distinct both mineralogically and geochemically from the solid bed rock and from the overlying deposits. The age of weathering is probably Tertiary. The preservation of these occurrences on slopes oriented in upglacial and downglacial directions is a new evidence for the invasion of Gaspésie by the continental Ice Sheet. Three younger weathering surfaces were identified in the sediments overlying the weathered bed rock. They are the present-day surface, an interstadial surface and an interglacial surface. The relative age of these surfaces is based on a comparison of the morphological, mineralogical, geochemical and stratigraphic attributes of the corresponding underlying sediments. 1) The surficial colluvium which underlies the postglacial weathering surface has been partially leached of Mn, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, As and U and enriched in Cr and Fe, as compared with the underlying sediments. 2) A geochemically unaltered sediment composed of frost-shattered particles situated in intertill position underlies the next weathering surface. These sediments are believed to have formed under periglacial climatic condition during an interstadial period. 3) Strongly oxidized colluvium occurring in sub-till position underlies the third weathering surface. This colluvium is geochemically similar to the surficial colluvial deposits and is, therefore, supposedly interglacial in age.

ZUSAMMENFASSUNG *Meteorisierung auf den Hochplateaus der Gaspésie, Québec: einige Aspekte.* Unter den lockeren Ablagerungen der Hochplateaus der Gaspésie hat man 26 neue Plätze mit stark verwittertem anstehenden Gestein, auch oft Saprolite genannt, entdeckt. Diese Alterite, die einer alten Oberfläche einer abgebrochenen Verwitterung angehören, unterscheiden sich in ihrer mineralogischen und geochemischen Zusammensetzung sowohl von dem vorhandenen Fels wie auch den darüberliegenden Ablagerungen. Die Alterite stammen wahrscheinlich aus dem Tertiär. Die Erhaltung der Alterite vor allem auf den NNW- und SSO-Hängen, d.h. flüßaufwärts und flüßabwärts in Bezug auf das regionale glaziale Fließen, wird als ein neuer Indikator für eine kontinentale Vereisung in der Gaspésie interpretiert. Drei weitere, stratigraphisch jüngere Verwitterungsoberflächen sind in den darüberliegenden Ablagerungen identifiziert worden. Diese Oberflächen sind: 1) die gegenwärtige Oberfläche, 2) eine interstadiale Oberfläche und 3) eine interglaziale Oberfläche. Das relative Alter dieser Verwitterungsoberflächen wurde mittels Vergleich der morphologischen, mineralogischen, geochemischen und stratigraphischen Eigenheiten der mit ihnen in Verbindung gebrachten Materialien geschätzt. 1) Die feinen Ablagerungen an der Oberfläche, welche die jüngste Verwitterungsoberfläche darstellen, waren nur den postglazialen Verwitterungsprozessen ausgesetzt; ihre tonhaltigen Bruchteile weisen eine Auswaschung von Mn, Co, Cu, Pb, Zn, As und U und eine Zunahme an Cr und Fe im Vergleich zu den darunterliegenden glazialen Sedimenten auf. 2) Die Hangablagerungen zwischen zwei Tilleinheiten repräsentieren die vorausgehende Verwitterungsperiode; diese Ablagerungen bestehen aus Frostsprengungsstrümmern, die keinerlei Zeichen einer geochemischen Veränderung aufweisen. Sie haben sich unter einem periglazialen Klima während eines Interstadials gebildet. 3) Die oxidierten feinen Ablagerungen, die sich stratigraphisch unter dem Till befinden, stellen eine dritte Periode der Verwitterung dar; ihr Verwitterungsgrad läßt sich mit dem der feinen Ablagerungen an der Oberfläche vergleichen, die den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind. Ihr Alter wäre demnach interglazial.

INTRODUCTION

Les régions englacées durant le Pléistocène sont caractérisées par le déblaiement des altérites anciennes et par l'abondance de la roche en place saine en affleurement, résultat de l'érosion glaciaire. La présence sporadique de sites d'altération profonde de la roche en place dans l'est de l'Amérique du Nord a cependant été reconnue et étudiée depuis près d'un siècle (Chalmers, 1898a; Kerr, 1930; Goldthwait et Kruger, 1938). Au Québec, les altérites les mieux connues sont celles du sud des Appalaches, en raison de leur potentiel aurifère. Plusieurs des placers d'or de la vallée de la rivière Chaudière seraient le résultat d'un long processus de météorisation, d'âge tertiaire (Shilts et Smith, 1986, 1988). Les principaux sites d'altération profonde décrits dans la littérature ont été recensés par LaSalle *et al.* (1985). Ce sont les argiles latéritiques de Schefferville, l'anorthosite de Château-Richer, le gneiss à biotite et grenat de Charlesbourg, la monzonite du mont Jacques-Cartier, les gabbro et granite du mont Mégantic et les formations métavolcaniques et sédimentaires du mont Orford. Des sites d'altération profonde ont également été décrits sur les hauts plateaux du Nouveau-Brunswick par Gauthier (1980), Wang *et al.* (1981), Veillette et Nixon (1982), Thomas *et al.* (1985); sur les hautes terres du Cap-Breton par McKeague *et al.* (1983); dans le sud-est de l'Ontario par Rutherford et Churchward (1975) ainsi que dans le nord des États-Unis par Borns et Allen (1963) pour le Maine, et Barghoorn et Sparkman (1950) pour le Vermont.

Cet article décrit la météorisation sur les hauts plateaux de la Gaspésie et en étudie la signification chronologique et paléoclimatique à la lumière de sites découverts (David et Bédard, 1986) dans le cadre de travaux d'exploration géochimique des dépôts glaciaires, financés par la Commission géologique du Canada.

DÉFINITION

Le terme «altérite» (angl. *weathered rock*) désigne l'état de la roche en place ameublie sous l'influence des agents climatiques. D'après Butt et Smith (1980), la météorisation des roches entraîne le lessivage des constituants solubles et, conséquemment, l'enrichissement en constituants insolubles. La reprécipitation de la silice, de l'oxyde de fer, et de la calcite est fréquente. Le litage ou schistosité de la roche mère y sont quelquefois préservés. Les altérites sont normalement perçues comme une zone de transition entre le solum et la roche en place saine. Des altérites de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur s'observent actuellement sous les sols des forêts tropicales (Willmer *et al.*, 1982).

Le terme «sapolite» a été introduit par Becker (1895) pour désigner le produit de l'altération d'une roche ignée. Par la suite, l'usage du terme s'est étendu aux roches métamorphiques et sédimentaires. Toutefois, Butt et Smith (1980) suggèrent de réserver l'emploi de terme «sapolite» au cas particulier où l'on a préservation de textures pétrographiques fines provenant de l'arrangement des minéraux primaires de la roche mère. Une altérite est normalement présente à la base d'un profil d'altération profonde de la roche en place.

Une partie de cette altérite pourra être qualifiée de sapolite lorsque les conditions d'altération y ont permis la fossilisation de la texture pétrographique de la roche mère. En absence d'expertise sur la préservation de telle texture, nous croyons qu'il est préférable d'utiliser le terme altérite pour désigner un produit meuble découlant de la météorisation de la roche en place. Cependant, certains auteurs français sont encore plus restrictifs quant à l'usage du terme sapolite. Ainsi, dans le *Dictionnaire de science du sol*, Lozet et Mathieu (1986) suggèrent d'abandonner le terme de «sapolite» (ou sapolithe) au profit de «celui d'altérite».

Quoi qu'il en soit, le terme «sapolite», au sens de Butt et Smith (1980), s'applique à l'une des altérites étudiées (fig. 7a) parce que la texture ophitique, typique des basaltes, est encore visible en lame mince, bien que les microlites de feldspath aient été entièrement remplacés par des minéraux amorphes, lesquels sont toujours éteints en lumière polarisée (Bédard et David, 1989).

LOCALISATION DES SITES

Les travaux d'exploration ont été réalisés à l'intérieur d'un quadrilatère de 55 km × 100 km, s'étendant depuis l'estuaire du Saint-Laurent, au nord, entre Marsoui et Gros-Morne, jusqu'à la partie sud du plateau gaspésien de Hétu et Gray (1985) (fig. 1). L'emplacement des sites d'échantillonnage a été choisi de façon à mettre en relief les corrélations possibles entre la composition géochimique et lithologique des dépôts glaciaires et la distribution connue des erratiques granitiques des monts McGerrigle (Chauvin et David, 1987).

TRAVAUX DE TERRAIN

Les travaux de terrain comprenaient la réalisation et l'échantillonnage de 160 excavations. Les excavations ont été réparties le long de sept traverses orientées plus ou moins perpendiculairement par rapport aux deux principaux axes d'allongement des traînées de granite (Chauvin et David, 1987). Cinq traverses (300-700) recoupent la traînée SSE et deux la traînée NE (100-200). Une rétrocaveuse hydraulique montée sur un tracteur de ferme a été utilisée pour réaliser les travaux d'excavation. Cet instrument d'exploration économique est facile à déplacer et permet des creusages rapides, mais sa capacité d'excavation est limitée à environ 4 m de profondeur. La roche en place n'a pas été atteinte dans 41 des 160 excavations. Des 119 excavations qui ont percé la couverture de dépôts meubles, 26 ont exposé des épaisseurs d'altérites variant entre 0,10 m à plus de 3,10 m. La base du profil d'altération de la roche en place n'a pas été atteinte dans 12 des 26 excavations où l'altérite a été exposée.

Chaque coupe a été décrite et les différentes unités de sédiments et de roche en place y ont été mesurées. Un échantillonnage a été réalisé à tous les 0,5 m de profondeur et chaque fois qu'il y avait changement de faciès. Les échantillons ont été prélevés pour fins d'analyses géochimiques, granulométriques et lithologiques.

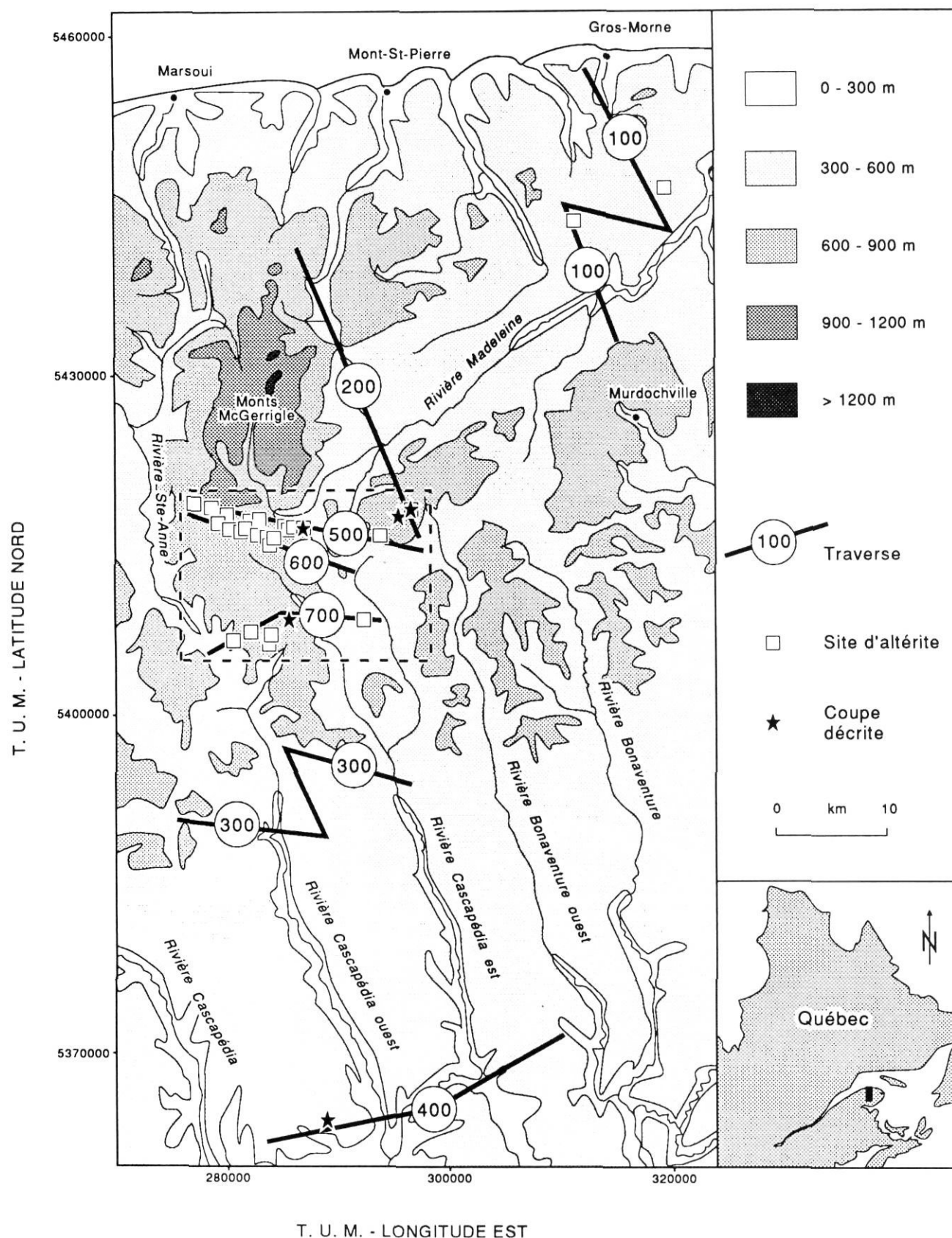


FIGURE 1. Carte de localisation des traverses d'exploration et des sites d'altérites. Les tirets délimitent la zone à haute concentration d'altérites.

Location map of exploration transects and sites of deeply weathered bed rock. Dashed rectangle delimits region with high density of weathered bedrock occurrence.

GÉOLOGIE ET CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE DES PROFILS D'ALTÉRATION

La région étudiée s'étend à travers le Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé. La figure 2 présente les grandes unités géologiques de la région. Les formations sédimentaires et volcaniques d'âge cambro-ordovicien occupent la partie nord et sud de la région, tandis que les formations sédimentaires d'âge siluro-dévonien se trouvent au centre. Le batholite granitique des monts McGerrigle s'est mis en place vers la fin du Dévonien. Une auréole de métamorphisme s'est formée autour de l'intrusion de granite, aux dépens des roches sédimentaires encaissantes.

Différents degrés d'altération ont été observés dans la partie supérieure de la roche en place, sous les dépôts meubles. La roche en place est parfois massive et saine, parfois fracturée et oxydée, parfois désagrégée ou complètement transformée en silt argileux. Le faciès d'altération le plus avancé, où la roche en place a été désagrégée en sable, silt et argile, n'a été observée que dans deux secteurs, l'un au sud des monts McGerrigle et l'autre au nord-est (fig. 1). Le secteur au sud des monts McGerrigle est le plus important quant au nombre de sites. Bien que le second secteur ne comprenne que deux sites, son importance est probablement sous-estimée en raison d'une trame d'échantillonnage plus lâche comparativement au premier secteur.

Les dépôts meubles, exposés dans les 160 excavations, comprennent différents types de dépôts glaciaires et non glaciaires déjà décrits par David et Bédard (1986) et David *et al.* (1988). Nous présentons ici cinq des coupes (fig. 3a-e) qui permettront de situer stratigraphiquement les altérites par rapport à d'autres surfaces météorisées reconnues dans les dépôts sus-jacents.

La première coupe (216, fig. 3a) montre trois diamictons reposant en discordance sur une épaisseur minimale de 2,20 m d'arène de basalte décomposé, la roche en place saine n'ayant pas été atteinte. L'absence soit d'horizon différencié, soit de matière organique, au sommet de l'unité d'altérite, montre qu'il s'agit de la base tronquée d'un ancien profil de météorisation. La matrice brun-beige du diamicton inférieur contient une certaine proportion d'altérite, tandis que la matrice grise du diamicton du milieu est principalement formée de minéraux frais, broyés. Ces deux diamictons sont interprétés comme étant deux unités de tills distincts. Le diamicton supérieur est oxydé, peu compact et de composition semblable au diamicton sous-jacent. Ce diamicton est interprété comme étant une colluvion postglaciaire.

La deuxième coupe (217, fig. 3b) est située à moins de 400 m de la coupe précédente, 50 m plus bas, en altitude. Cette coupe montre trois diamictons, comme dans la coupe précédente, et comprend une unité de gravier lité entre les deux diamictons inférieurs. Le gravier est principalement formé de fragments anguleux de roche locale chimiquement non altérée. Cette unité, d'origine non glaciaire, est interprétée comme étant un sédiment de pente formé sous un climat périglaciaire.

La troisième coupe (517, fig. 3c) est située à 11 km à l'ouest des deux coupes précédentes. Dans cette coupe, un gravier anguleux et lité, semblable à celui de la coupe 217 est présent sous quatre diamictons. L'unité de gravier repose en discordance sur une surface tronquée de roche en place météorisée. Ce gravier d'origine non glaciaire est interprété comme étant un dépôt de pente de type «éboulis stratifié». Les quatre diamictons, qui surmontent le gravier, sont interprétés comme étant trois faciès d'une même unité de till recouvert par une colluvion postglaciaire.

La quatrième coupe (719, fig. 3d) est située à 10 km au sud de la coupe précédente. Cette coupe montre une séquence sédimentaire semblable à celle observée dans la coupe 517. Elle comprend un dépôt de pente d'origine périglaciaire, à la base, surmonté par une unité de till à trois faciès et par une colluvion postglaciaire, au sommet. La présence de granite des monts McGerrigle dans ce dépôt de pente est une preuve qu'il y a eu transport glaciaire à partir du nord, antérieurement à la formation de cette unité non glaciaire. Les dépôts meubles de cette coupe reposent en discordance sur un calcaire fracturé et recouvert d'une épaisse patine d'altération rouge hématite le long des fractures. Le calcaire devient progressivement sain et massif à 0,5 m de profondeur.

La cinquième coupe (416, fig. 3e) est située à plus de 50 km au sud des coupes précédentes, dans une zone connue pour la rareté des dépôts glaciaires. La coupe montre deux diamictons altérés reposant directement sur la roche en place également altérée. Bien que le diamicton inférieur ne contiennent pas de clastes portant des traces d'usure glaciaire, nous croyons qu'il est tout de même d'origine glaciaire à cause de la composition polyolithologique des clastes. L'abondance de blocs désagrégés sur place en petits clastes anguleux ainsi que l'apparence générale altérée de ce diamicton glaciaire montre qu'il s'agit d'un till météorisé. L'altération de la roche en place, semblable dans toutes les excavations de la traverse 400, est une décalcification partielle des carbonates accompagnée d'une limonitisation qui ne se compare pas en intensité à l'état de décomposition avancée des altérites. La présence de 0,25 m de roche en place altérée sous un diamicton polyolithologique signale la présence d'une ancienne surface de météorisation sous un dépôt d'origine glaciaire.

La séquence stratigraphique composite des coupes 216, 217, 517 et 719 est illustrée par le bloc diagramme de la figure 4a. La séquence comprend deux unités de till séparées par des dépôts non glaciaires. Les tills correspondent à des périodes d'englacement et d'érosion, tandis que les dépôts non glaciaires correspondent à des périodes libres de glace durant lesquelles la météorisation était active. L'unité inférieure non glaciaire est représentée par des dépôts de pente d'origine périglaciaire. Ces dépôts de pente sont surtout formés de gélifractions substratifiés, anguleux et peu ou pas altérés. La présence de matière organique n'a pas été observée. L'autre unité non glaciaire est représentée par les colluvions qui forment une nappe de 0,3 à 0,9 m d'épaisseur au sommet de la séquence. Cette unité de surface, principalement formée aux dépens de dépôts glaciaires, n'a été exposée qu'aux

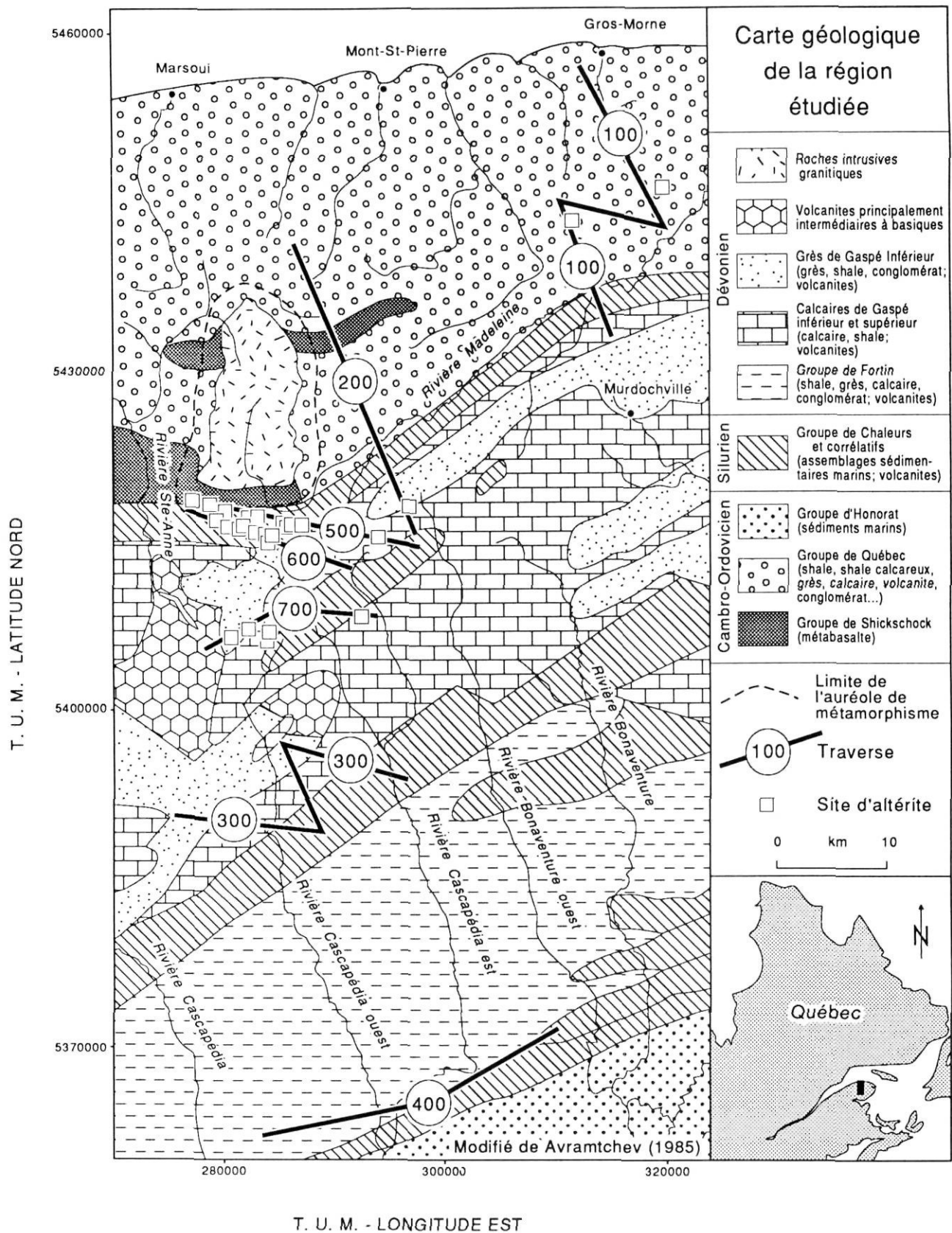


FIGURE 2. Carte géologique de la région étudiée.

Geological map of study area.

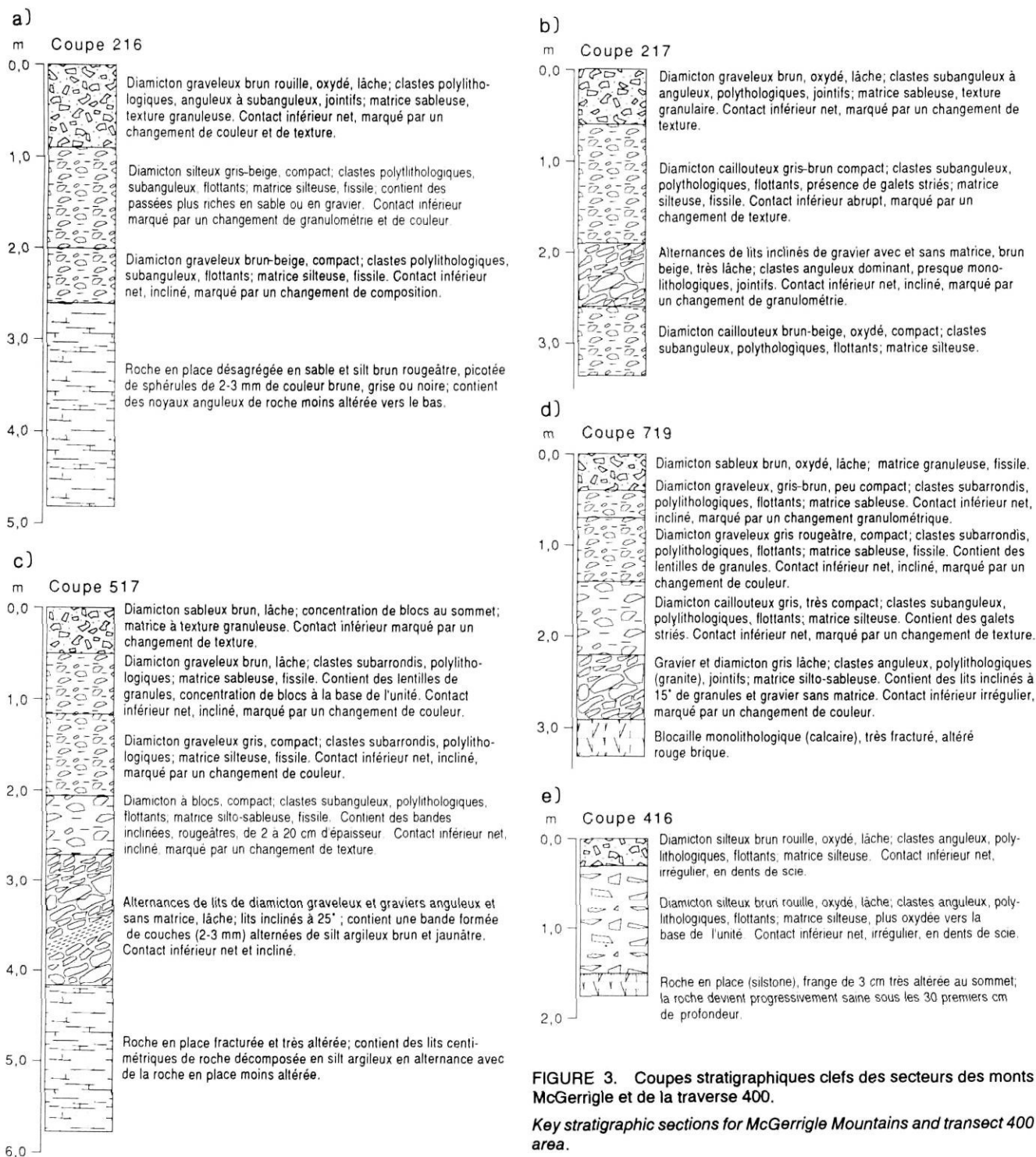


FIGURE 3. Coupes stratigraphiques clefs des secteurs des monts McGerrigle et de la traverse 400.

Key stratigraphic sections for McGerrigle Mountains and transect 400 area.

processus de météorisation postglaciaire. Un podzol de 15 à 30 cm d'épaisseur s'est développé au sommet de cette unité.

Les dépôts meubles reposent en discordance sur des formations géologiques d'âge paléozoïque. La troncature qui sépare les dépôts meubles de la roche en place entaille une vieille surface de météorisation jusqu'à la roche en place saine. Cette troncature, qui est le résultat des différentes phases d'érosion qui ont atteint la roche en place depuis le début de la formation des altérites, ne peut donc pas être

corrélée avec la mise en place du till sus-jacent. Les altérites, de leur côté, peuvent être le produit de plusieurs cycles de météorisation superposés.

La séquence de dépôts meubles observés dans le secteur de la traverse 400 montre une histoire glaciaire différente de celle des traverses plus au nord. La figure 4b illustre la séquence stratigraphique composite des dépôts non consolidés de ce secteur. Le bloc diagramme montre deux unités non glaciaires séparées par une unité d'origine glaciaire.

L'unité non glaciaire inférieure est une colluvion altérée, tandis que l'unité non glaciaire supérieure est représentée par des colluvions postglaciaires analogues à celles observées dans les coupes plus au nord. Le dépôt glaciaire est oxydé et

contient peu de matrice, comparativement à ceux observés plus au nord. Nous croyons qu'il s'agit d'un till altéré.

Les dépôts meubles de la traverse 400 reposent en discordance sur des formations sédimentaires d'âge paléozoïque. Bien que les altérites soient absentes dans ce secteur, la partie sommitale de la roche en place est quand même altérée et la roche en place saine n'a jamais été observée sous le contact avec les dépôts meubles. Cette altération se caractérise par la décalcification et la limonitisation des calcaires qui forment la roche en place. Cette roche en place altérée se distingue des altérites observées plus au nord par son état encore lithifié et sa couleur rouille uniforme. Des colluvions formées de débris de la roche en place ont été observées dans 5 des 18 coupes de la traverse 400. Cette unité non glaciaire se distingue des dépôts de pente d'origine périglaciaire de la région des monts McGerrigle par son état d'oxydation avancée.

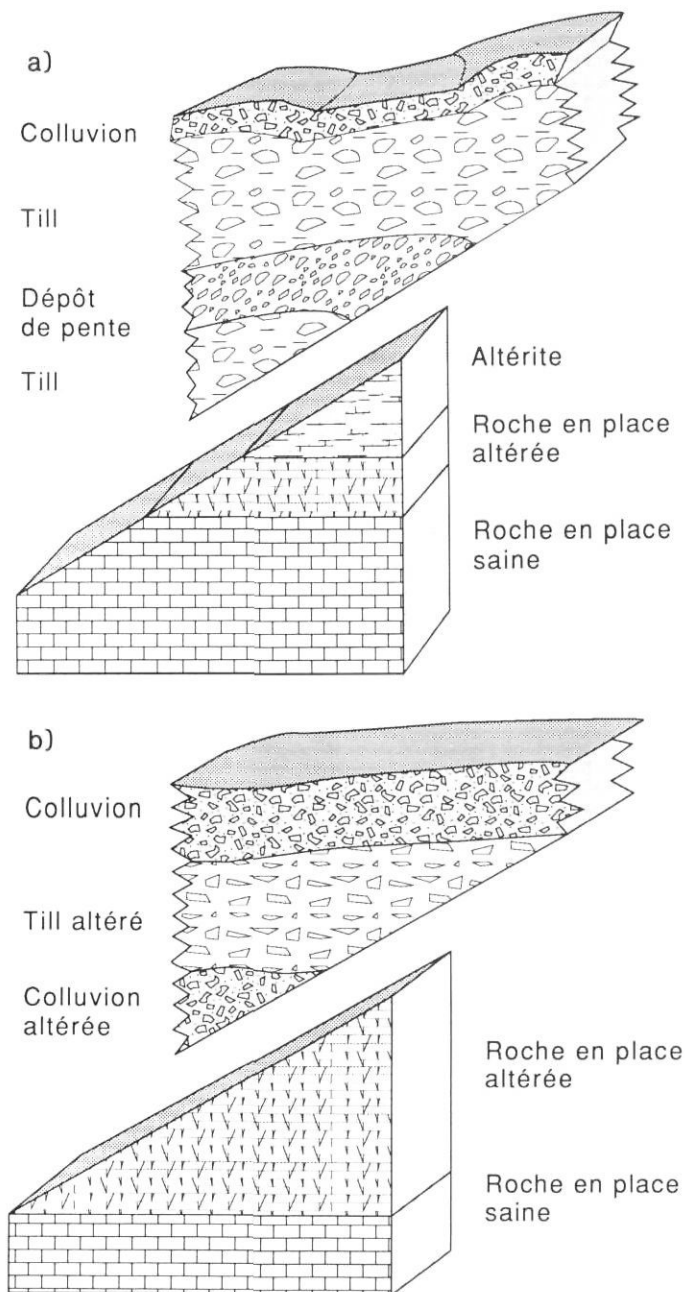


FIGURE 4. Blocs diagrammes de la stratigraphie composite des dépôts non consolidés de la région à l'étude. 4a) Secteur des monts McGerrigle (encadré sur la figure 1). 4b) Secteur de la traverse 400.

Block diagrams showing composite stratigraphic relations of unconsolidated deposits in the study area. 4a) McGerrigle Mountains region (delimited area in Fig. 1). Sedimentary units, from top to bottom: colluvium, till, intertill slope deposit, till. Bedrock units: deeply weathered bed rock, fractured bed rock, solid bed rock. 4b) Area of transect 400. Sedimentary units, from top to bottom: colluvium, weathered till, subtill colluvium. Bedrock units: partially weathered bed rock, solid bed rock.

TYPE LITHOLOGIQUE DES ROCHES PROFONDÉMENT ALTÉRÉES

Nous avons étudié la possibilité que l'abondance des altérites dans la région au sud des monts McGerrigle soit liée à la présence d'une roche mère très sensible à l'altération. Des 26 excavations qui avaient exposé des altérites, nous avons échantillonné l'altération de 28 lithologies grâce à deux excavations qui avaient montré un contact géologique entre deux formations distinctes. Ces 28 altérites ont été regroupées en sept types lithologiques. La fréquence de chaque type a été reportée sur un histogramme (fig. 5). Les types représentés comprennent à la fois des roches ignées, sédimentaires et métamorphiques. Les roches ignées regroupent des dykes felsiques et mafiques associés à la mise en place du batholite granitique des monts McGerrigle ainsi qu'un lit de basalte appartenant à la formation sédimentaire des Calcaires supérieurs de Gaspé. Les roches métamorphiques correspondent aux marbres et cornéennes de l'auréole métamorphique de l'intrusion granitique; ces formations ont été métamorphisées aux dépens de calcaires et de siltstones

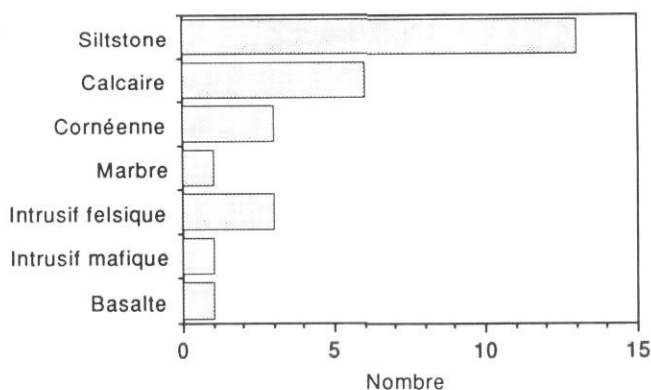


FIGURE 5. Histogramme de distribution des types lithologiques de la roche mère. Les 28 altérites ont été regroupées en 7 types lithologiques.

Histogram showing the distribution of weathered bedrock lithology types at the sites. The 28 weathered lithologies are grouped under 7 types. From top to bottom: siltstone, limestone, hornfels, marble, felsic intrusive rock, mafic intrusive rock and basalt.

d'âge siluro-dévonien. Finalement, les roches sédimentaires comprennent différentes formations de calcaires et de silts-tons cambro-ordoviciens et siluro-dévonien.

Comme l'indique la figure 5, les altérites proviennent de roches ignées, sédimentaires et métamorphiques. La surreprésentation apparente des roches sédimentaires (fig. 5) dépend ici davantage de la disposition géographique des traverses par rapport aux formations géologiques (fig. 2) que de leur sensibilité à la météorisation. De plus, nous n'avons observé aucun signe de mylonitisation ou de déformation tectonique de la roche en place qui aurait pu expliquer la présence d'une altération localement plus intense aux 26 sites où ces altérites ont été décrites. Nous croyons donc qu'il n'y a pas de relation entre la présence d'altérites et le type lithologique de la roche mère.

ALTITUDE DES SITES D'ALTÉRITES

Une relation entre l'altitude et la préservation des sites d'altérites avait été observée par McKeague *et al.* (1983) sur les hautes terres du Cap-Breton. L'altitude de nos excavations, telle que déterminée à partir des cartes topographiques à 1/50 000, varie de 244 m à 823 m, pour une altitude

moyenne de 563 m. Les sites d'altérites ont, de leur côté, été observés à partir de 457 m d'altitude, c'est-à-dire à plus de 100 m au-dessous de l'altitude moyenne de tous les sites. L'existence de sites d'altérites à des altitudes très inférieures à l'altitude moyenne de tous les sites brouille la relation attendue.

La relation entre l'altitude et la préservation d'altérites devient claire lorsque l'on considère à la fois la distribution géographique et l'altitude des sites. Les figures 6a et 6b montrent la distribution des sites d'altérites le long des traverses d'exploration par rapport à l'altitude. Les traverses 300 et 400 ne sont pas représentées à cause de l'absence d'altérites dans ce secteur. Les altérites sont surtout localisées sur les points les plus élevés des traverses. Les altérites de la traverse 100, bien que situées sur les points les plus élevés, demeure à une altitude plus basse que celle des plateaux dans la région des monts McGerrigle. Cette répartition tend à montrer que la préservation des altérites dépend davantage de la position élevée d'un site particulier par rapport à la topographie environnante plutôt que de son altitude absolue. L'altitude nécessaire pour être en position élevée, à l'échelle locale, s'élève au fur et à mesure que l'on monte en altitude sur les plateaux.

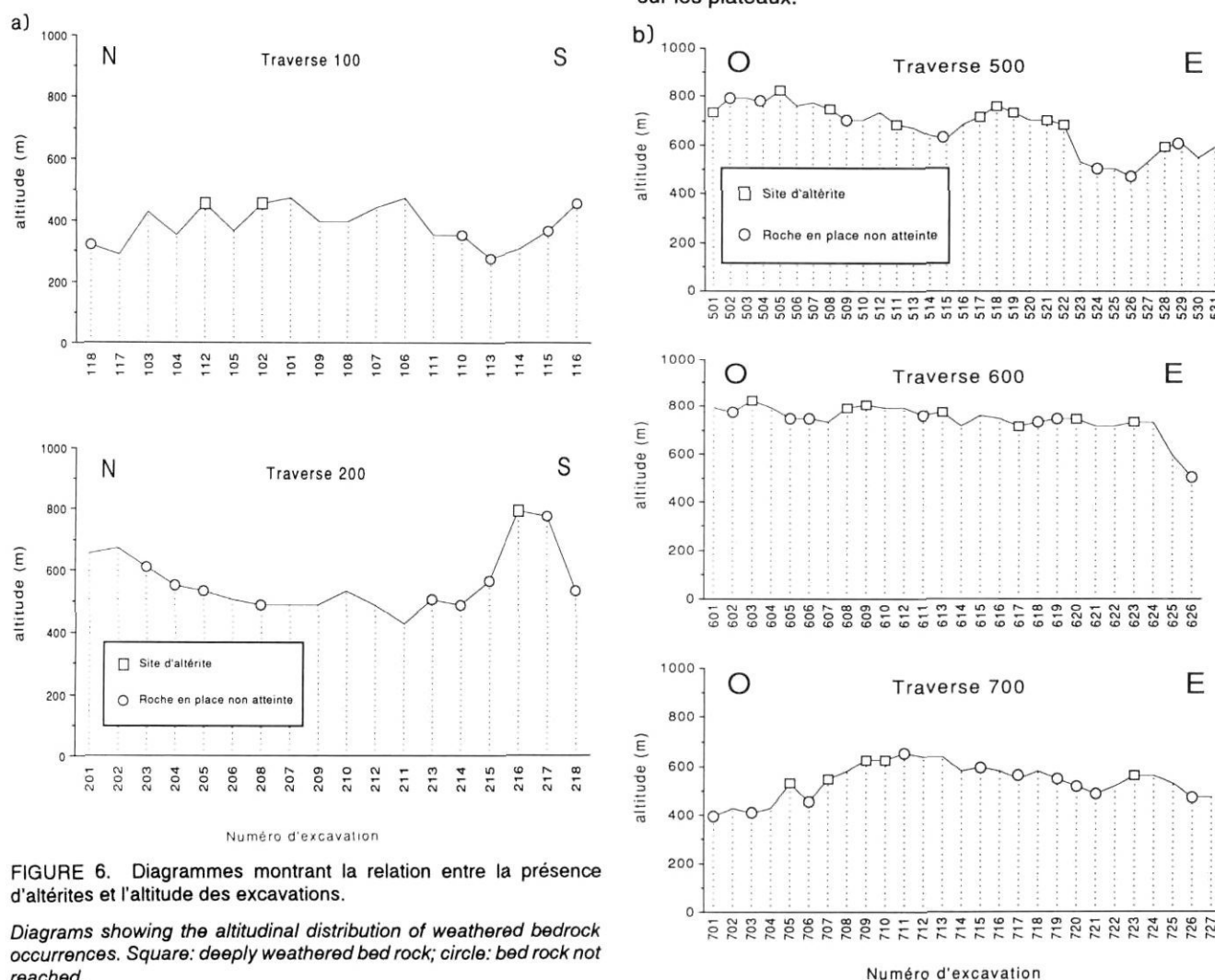


FIGURE 6. Diagrammes montrant la relation entre la présence d'altérites et l'altitude des excavations.

Diagrams showing the altitudinal distribution of weathered bedrock occurrences. Square: deeply weathered bed rock; circle: bed rock not reached.

POSITION GÉOMORPHOLOGIQUE DES SITES D'ALTÉRITES

Nous avons cherché à déterminer si la préservation d'altérites était liée à une localisation particulière des sites par rapport au massif granitique des monts McGerrigle. Bien qu'une proportion importante des sites soient effectivement situés immédiatement au sud de ces montagnes, c'est-à-dire du côté abrité par rapport à l'écoulement glaciaire régional, la figure 1 montre des sites au nord-est et d'autres à plus de 15 km au sud de ces montagnes. La distribution particulière des sites d'altérites s'explique mieux par leur confinement sur les zones d'interfluve. La figure 1 montre que le secteur le plus important, situé au sud des monts McGerrigle, occupe la tête des rivières Cascapédia est et ouest s'écoulant vers le sud et des rivières Madeleine et Sainte-Anne s'écoulant respectivement vers le nord-est et le nord. Le deuxième secteur, au nord-est des monts McGerrigle, est situé sur l'interfluve qui sépare le bassin de la rivière Madeleine de l'estuaire du Saint-Laurent. Cette relation entre les altérites et les zones d'interfluvies avait déjà été rapportée en Europe (Lundqvist, 1985). Ce phénomène n'avait pas encore été signalé en Gaspésie.

POSITION TOPOGRAPHIQUE DES SITES D'ALTÉRITES

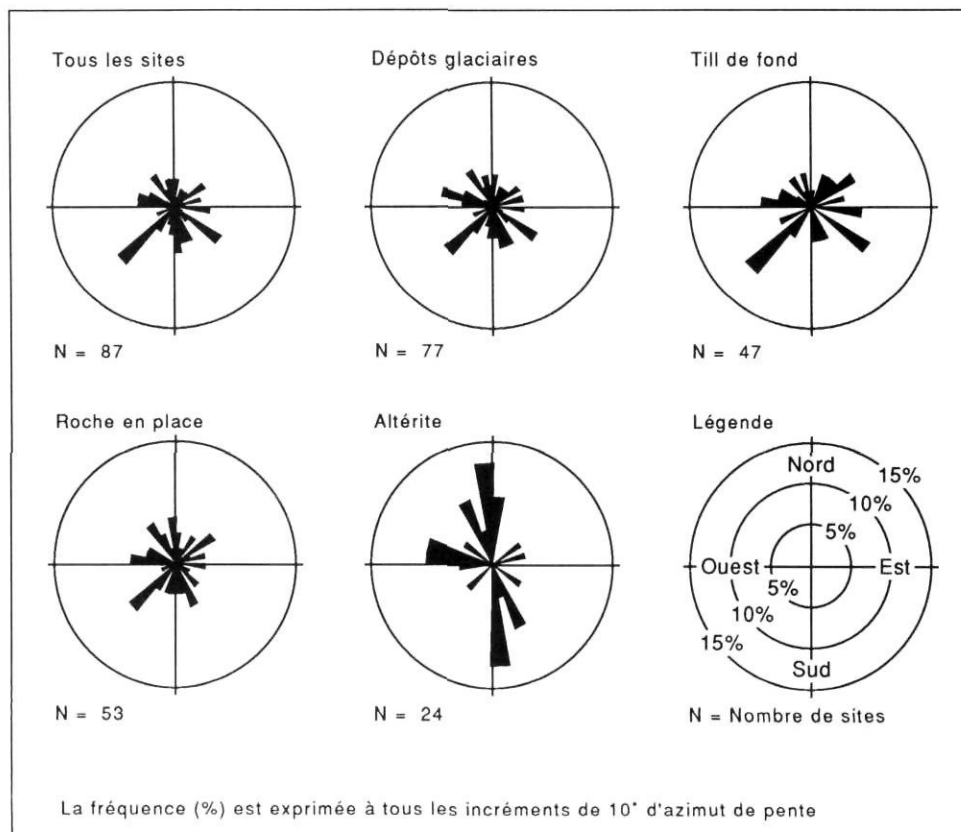
Pour évaluer l'influence de la topographie sur la conservation des altérites, nous avons mesuré l'orientation de la pente et l'inclinaison générale de la surface du terrain à chacun des

sites d'excavation. Le traitement statistique des mesures n'est présenté que pour la zone à haute densité d'altérites, encadrée sur la figure 1. L'inclusion des autres sites a pour effet d'augmenter la dispersion des mesures sur tous les diagrammes, sauf celui des altérites, tandis que leur exclusion élimine le risque d'aberration qui peut résulter de la comparaison de mesures en provenance de zones avec et sans altérites. Les mesures ont été reportées sur des diagrammes circulaires. Les fréquences de direction sont exprimées en pourcentage, par intervalle de 10° d'azimut.

Le premier diagramme (fig. 7) montre l'orientation des pentes pour les 87 sites d'excavation inclus dans la zone encadrée à la figure 1. La dispersion des valeurs montre une distribution aléatoire où presque toutes les directions sont représentées. Les deux diagrammes suivants donnent l'orientation des pentes aux sites où des dépôts glaciaires ont été observés et aux sites où un till de fond a été identifié. La dispersion des valeurs ressemble à celle du premier diagramme (fig. 7). Les deux derniers diagrammes circulaires (fig. 7) présentent l'orientation des pentes aux sites où la roche en place saine ou altérée a été atteinte et aux sites où il y avait des altérites. Les 24 mesures d'altérites, représentées sur le dernier diagramme sont un sous-ensemble extrait des 53 mesures apparaissant sur le diagramme de la roche en place. Le diagramme de la roche en place montre une dispersion tout à fait aléatoire, tandis que celui qui représente les altérites montre une direction préférentielle NNO-SSE. L'orientation préférentielle NNO-SSE, déjà observée par Bédard et David (1989), coïncide avec la direction de l'écou-

FIGURE 7. Diagrammes circulaires de fréquence de l'orientation des versants aux sites d'excavation. Seules les données provenant du secteur encadré sur la figure 1 sont utilisées.

Rose diagrams showing the surface slope orientations at the excavation sites. Percent frequency given for each 10° azimuth. Only data from delimited area of figure 1 are used. Diagrams are for all sites and sites with glacial deposits, lodgment till, all bedrock and deeply weathered bedrock occurrences.



lement glaciaire régional durant le pléniglaciaire en Gaspésie (David et Leblais, 1985; Chauvin et David, 1987). La préservation des altérites sur le côté abrité d'un obstacle par rapport à la direction de l'écoulement glaciaire a déjà été observée au Québec (Clément et De Kimpe, 1977; LaSalle *et al.*, 1985). C'est la première fois, à notre connaissance, que la préservation d'altérites à la fois des côtés amont et aval des reliefs est rapportée au Québec. Cette observation a cependant déjà été rapportée en Europe par Peulvast (1985) et Hillefors (1985). Nous croyons que ce phénomène est le résultat d'une érosion glaciaire liée au mécanisme décrit par Boulton (1974) pour expliquer la sculpture de formes fuselées à partir des reliefs préglaciaires.

COMPOSITION DES ALTÉRITES

MINÉRALOGIE

La composition minéralogique d'une altérite peut nous renseigner sur les paléoclimats qui prévalaient au moment de sa formation, à condition, entre autres, que la roche mère ne contienne pas de minéraux qui serviront à caractériser la météorisation (Singer, 1980). Les roches sédimentaires et métasédimentaires peuvent déjà contenir des produits dérivés de cycles de météorisation antérieurs, ce qui rend plus difficile l'interprétation de la composition minéralogique des altérites qui en dérivent. Il est donc préférable d'étudier les produits d'altération qui se sont développés sur une roche ignée (Singer, 1980). Seulement quatre altérites sur vingt-huit remplissent cette condition; trois d'entre elles se sont formées aux dépens de dykes felsiques et mafiques; la quatrième s'est formée dans des basaltes. L'altérite de basalte de la traverse 200 nous a semblé la plus appropriée pour une étude approfondie. Cette altérite s'est formée dans un basalte amygdalaire, inclus dans la formation sédimentaire des Calcaires supérieurs de Gaspé. Le choix de l'altérite de basalte est également fondé sur la supposition que cette roche a une composition minéralogique et géochimique généralement mieux définie et plus constante que celle des roches felsiques. La géologie et les compositions minéralogiques et géochimiques des coulées basaltiques interstratifiées dans les Calcaires supérieurs de Gaspé sont connues grâce aux travaux de Doyon et Valiquette (sous presse).

La composition des minéraux argileux de l'altérite de basalte a déjà été publiée par Bouchard et Pavich (1989, fig. 2). Ces derniers avaient obtenu les échantillons dans le cadre d'un projet de datation qui avait débuté en collaboration avec les présents auteurs (Bouchard *et al.*, 1987). Les résultats publiés proviennent d'analyses réalisées à partir d'un matériel prélevé à l'aide d'une petite truelle, ce qui a désagréé les altérites et détruit leur structure interne. Les analyses révèlent un mélange de minéraux argileux comprenant de la kaolinite, de l'illite, et des traces de chlorite, ce qui a amené Bouchard et Pavich (1989) à conclure que cette altérite n'avait pas une très grande maturité minéralogique. Malheureusement, leur interprétation ne tient pas compte de la possibilité que certaines phases minérales puissent provenir d'enrichissements tardifs durant l'altération ou qu'elles soient le résultat de la superposition de plusieurs cycles de météorisation distincts.

Nous avons, de notre côté, prélevé des échantillons non remaniés de cette altérite très friable. Des lames minces ont été fabriquées à partir de fragments préalablement solidifiés par imprégnation à l'aide d'une résine synthétique. La figure 8a montre, en lumière polarisée, une lame mince provenant d'une zone saprolitisée de l'altérite. Le fond, grisâtre et toujours éteint en lumière polarisée, est entièrement kaolinisé. Les formes microlitiques des plagioclases de la roche mère sont conservées et la texture ophitique, typique des basaltes de cette formation, est encore distincte par endroits. L'amygdule, au centre, est partiellement évidée et ne contient plus que des minéraux limonitisés et opaques; les vides, noirs en lumière polarisée, se confondent sur cette photo avec la limonite opaque. Une fissure de contraction de 0,1 mm de largeur traverse diagonalement la lame mince. Cette fissure est représentative d'un ensemble de micro-fissures observées sur des lames minces en provenance de différents échantillons. Le tracé de la fissure n'est pas influencé par les minéraux primaires traversés. Sa présence à travers l'amygdule montre qu'elle est postérieure à la mise en place des minéraux secondaires qui se déposent tardivement dans les amygdules d'un basalte. Elle ne peut donc pas être reliée aux contractions qui surviennent pendant le refroidissement du basalte. Des minéraux reprécipités cimentent la fissure, ce qui démontre son âge très ancien et exclut la possibilité qu'elle soit le résultat d'une fracturation du matériel durant le prélèvement ou la fabrication de la lame. Nous interprétons la fissuration observée dans l'altérite comme étant le résultat de contractions contemporaines à la perte de masse durant la kaolinisation.

La figure 8b montre l'une de ces fissures en gros plan. Des minéraux sont reprécipités en franges symétriques, de part et d'autre des parois de la fissure. Cette disposition indique qu'il y a eu un remplissage progressif dans des conditions hydrogéologiques changeantes. La première phase de précipitation est représentée par des franges discontinues d'argile grise et de minéraux opaques limonitisés. La deuxième phase de précipitation est représentée par une frange massive de 0,02 mm de couleur brun clair, très contrastée par rapport à la couleur gris et noir du fond kaolinisé. La troisième phase est une frange à texture granuleuse, brun verdâtre. La dernière phase, qui complète la cimentation de la fissure, est un remplissage de silice qui apparaît ici sous forme de plages claires et sombres se modifiant selon l'orientation de la polarisation de la lumière. La disparition des minéraux fragiles et la préservation de la silice, plus résistante, à travers l'amygdule de la figure 8a peuvent aussi bien avoir été causées par la limonitisation de minéraux durant la météorisation que par la fabrication de la lame.

La figure 9a montre deux amygdules remplies de minéraux reprécipités; celle de droite contient de la silice et du quartz, tandis que celle de gauche contient des dépôts concentriques de minéraux argileux, de limonite et de silice. Bien que la composition minéralogique exacte de chacune des franges n'ait pas encore été déterminée, la séquence de précipitation évoque celle des figures précédentes, soit des franges alternées d'argiles brunes et de minéraux limonitisés opaques au début de la séquence et de la silice à la fin. L'amygdule

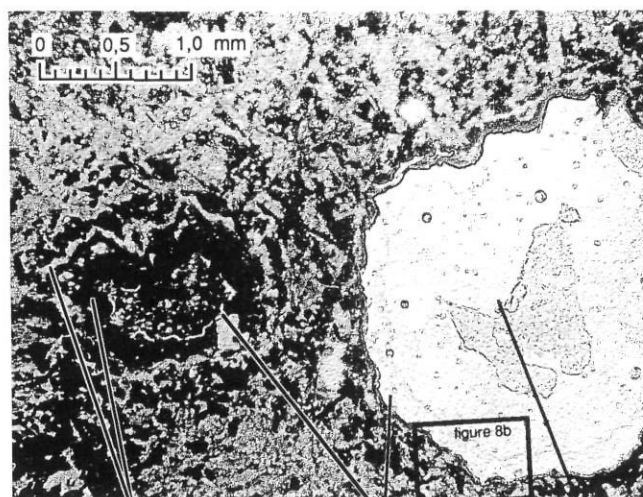


a)

microlite de
plagioclase kaolinisé
(gris moyen)

micro-fissure
comblée de
minéraux
reprécipités
(brun et blanc)

vacuole
comblée de
minéraux
limonitisés
(opaque)

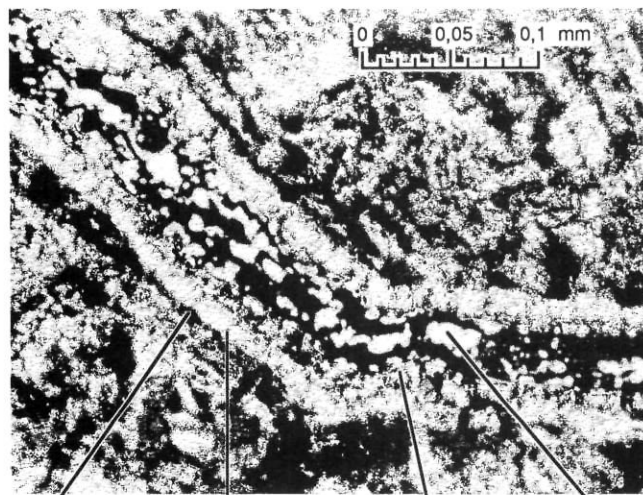


a)

franges concentriques
d'argiles (gris clair)
et de limonite (opaque)

chalcédoine

quartz



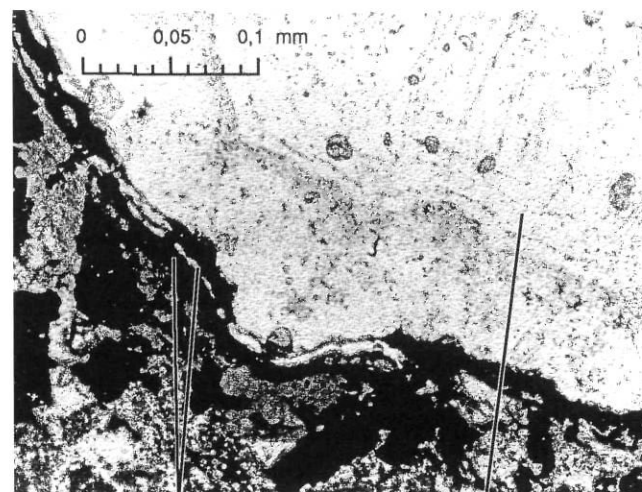
b)

limonite
(opaque)

argile massive
(brun clair)

argile granuleuse
(brun verdâtre)

silice
(blanc
et noir)



b)

franges d'argile (gris clair)
et limonite (opaque)

franges de
chalcédoine (blanc)

FIGURE 8. Images numériques rehaussées de microphotos de l'altérite de basalte de la coupe 216, en lumière polarisée. 8a) Vue générale d'une zone où la texture de la roche mère a été conservée. 8b) Vue en gros plan d'une fissure cimentée par des minéraux de remplissage.

Enhanced digital microphoto images of deeply weathered basalt from transect 200 taken under polarized light. 8a) Microphoto showing preserved texture of the basaltic parent rock. Lines point to a kaolinized plagioclase microlith, a mineral-filled microfracture and a vesicle. 8b) Closeup view of a fissure filled with secondary limonite, clay minerals and silica.

FIGURE 9. Images numériques rehaussées de microphotos de l'altérite de basalte de la coupe 216, en lumière polarisée. 9a) Vue générale d'une zone de précipitation de minéraux secondaires dans des structures circulaires. 9b) Vue en gros plan de l'encadré de la figure 8a.

Enhanced digital microphoto images of deeply weathered basalt from transect 200 taken under polarized light. 9a) Microphoto showing two circular structures filled with secondary silica, quartz, clay minerals and limonite. 9b) Closeup view of figure 8a showing chalcedony, limonite (dark) and clay minerals (light gray).

siliceuse, à droite, est formée de bandes de calcédoine et se transforme en quartz vers le centre. Nous avons examiné la possibilité que ce remplissage soit le résultat d'une silicification contemporaine du refroidissement de la coulée volcanique. La figure 9b montre en gros plan la bordure de l'amygdale siliceuse encadrée sur la figure 9a. À cette échelle, la précipitation de silice paraît succéder à celle de franges minces et alternées d'argiles et de minéraux limonitisés, comme dans les cas précédents. Cette observation permet de rejeter l'hypothèse que ce grain de silice de 2 mm de diamètre se soit formé antérieurement à l'altération de la roche.

Ce cortège de minéraux reprécipités dans les fissures d'un basalte altéré indique une longue histoire de météorisation où chaque frange minéralisée peut représenter une condition hydrogéologique particulière. La période géologique où la reprécipitation minérale représentait le processus dominant a été précédée par une phase caractérisée par un lessivage intense qui a entraîné la kaolinisation et la fissuration du basalte. La précipitation de la silice, à la fin du cycle de remplissage de fissures, laisse présumer des conditions hydrologiques réductrices souvent associées aux climats chauds et arides (Jackson *et al.*, 1948). La précipitation de silice à la base de profils d'altération de basaltes météorisés a également été observée sous les climats chauds et humides, lorsque les conditions de drainage sont déficientes (Singer, 1978). Le processus de limonitisation apparaît surimposé et postérieur aux processus précédents. Il requiert des conditions physico-chimiques d'eaux souterraines différentes de celles qui permettaient auparavant la silicification de l'altérite. La limonitisation est un processus de météorisation encore actif aujourd'hui dans cette région.

Bien que l'examen de cette altérite en lame mince ne permette pas l'identification de la plupart des minéraux argileux, l'information tirée de l'examen de sa structure interne est plus concluante quant au degré d'évolution du matériel que la liste exhaustive des minéraux détectés par diffraction de rayons X. L'exemple d'interprétation réalisée par Bouchard et Pavich (1989) montre qu'un spectre de diffraction de rayons X effectué sur du matériel en vrac ne permet pas d'observer les relations entre les phases minérales présentes et peut conduire à une interprétation erronée. Nous estimons, de notre côté, que l'étude de la composition minérale des altérites doit tenir compte de leur structure interne. Une étude à la micro-sonde de la composition minérale de l'altérite de basalte de la traverse 200 est en cours.

GÉOCHIMIE

Pour mieux comprendre l'effet de la météorisation sur les matériaux, nous avons analysé la fraction inférieure à 2 µm de nos échantillons pour les dix éléments suivants: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, As et U. Le traitement des données comprenait l'analyse des corrélations entre la composition géochimique des échantillons et les autres paramètres statistiques. Des relations ont déjà été observées entre la composition géochimique d'un échantillon et le faciès d'où il provient (David *et al.*, en révision). La figure 10 compare la dispersion des teneurs pour trois éléments de mobilité différente, notamment Cr, Zn et U. Les 680 analyses ont été regroupées en trois faciès sédimentaires et deux faciès de roche en place. Les faciès apparaissent en ordonnée, tandis que les teneurs apparaissent en abscisse.

Les colluvions de surface, exposées aux processus de météorisation actuels, ont leur fraction 2 µm généralement

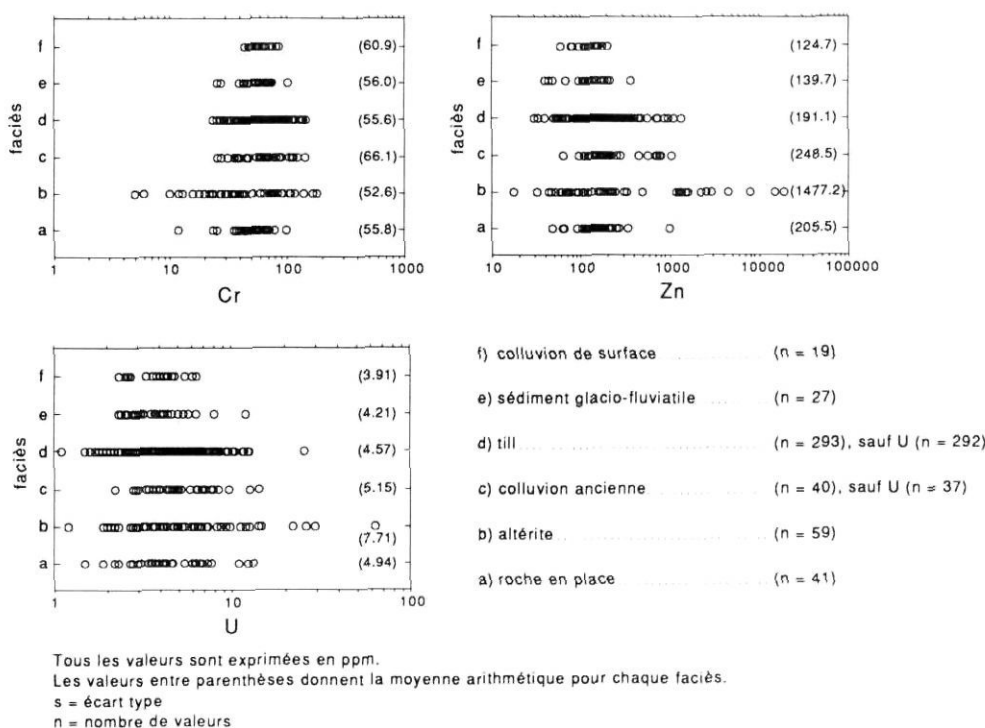


FIGURE 10. Graphiques montrant la dispersion géochimique du chrome, du zinc et de l'uranium, dans la roche en place et dans différents faciès sédimentaires, pour tous les sites.

Scattergrams showing geochemical dispersion for chromium, zinc and uranium in bed rock and in selected sedimentary facies, from all the sites. Facies are: a) bed rock, b) deeply weathered bed rock, c) intertill and sub till colluvium, d) till, e) glaciofluvial deposits, f) surficial colluvium.

appauvrie en éléments mobiles comparativement aux matériaux sous-jacents. Les dépôts de pente intertill ont été groupés avec les colluvions infratill dans ces diagrammes. Les tills ont une composition géochimique peu différente de celle de la roche en place saine, ce qui laisse croire que leur fraction fine est en grande partie formée de roche en place broyée. La signature géochimique des altérites se distingue de celle des autres faciès par la plus grande variabilité de leur composition, différente à la fois de la roche en place et des dépôts meubles.

Le premier diagramme de la figure 10 présente la dispersion du chrome, un élément considéré peu mobile durant la météorisation. L'altérite est le seul faciès qui se démarque par rapport à la distribution des teneurs en Cr. Elle présente à la fois le plus grand étalement des valeurs et les teneurs les plus basses des 680 analyses. Ceci montre que les processus de météorisation qui ont produit ces altérites étaient différents de ceux qui sont en cours présentement. La moyenne des valeurs en Cr, indiquée entre parenthèses sur les diagrammes, est plus élevée dans les colluvions de surface que dans les faciès sous-jacents. Si cette valeur reflète un enrichissement réel en Cr, elle pourrait aussi être le résultat de la concentration d'éléments immobiles en raison du départ d'éléments mobiles dans les matériaux soumis à la météorisation.

Le deuxième diagramme (fig. 10) montre la dispersion du zinc. Cet élément, principalement lié aux sulfures, est mobile durant la météorisation, car les sulfures sont parmi les premiers minéraux à être détruits. Encore une fois, c'est l'altérite qui se distingue tant par l'étalement des valeurs que par la présence des valeurs à la fois les plus élevées et les plus faibles. Les valeurs faibles s'expliquent par le lessivage du Zn par suite de la destruction complète des minéraux primaires, tandis que les valeurs les plus élevées sont interprétées comme étant le résultat d'un enrichissement secondaire de certaines altérites. La moyenne des valeurs montre une tendance à l'appauvrissement progressif en Zn de la base vers le sommet de la séquence. Cette tendance pourrait représenter la contribution postglaciaire à la dispersion géochimique du Zn.

Le troisième diagramme (fig. 10) montre la dispersion de l'uranium. Cet élément est considéré comme étant très mobile durant la météorisation. L'altérite se distingue aussi par l'étalement des valeurs et par la présence des valeurs les plus élevées. Comme dans le cas du Zn, la moyenne des valeurs en U, par faciès, montre une tendance à l'appauvrissement de la base vers le sommet. Cette tendance pourrait également représenter la contribution postglaciaire à la dispersion géochimique de U.

L'intensité de la dispersion géochimique postglaciaire, bien qu'importante, demeure modérée par rapport à l'évolution géochimique observée pour les altérites. Ceci confirme notre interprétation précédente à savoir que les altérites ont été formées dans des conditions de météorisation différentes, soit plus intenses ou de plus longue durée que celles qui sont en cours maintenant.

Pour quantifier le degré de météorisation, différents indices d'altération géochimique ont été proposés (Harnois,

1988). Malheureusement, le calcul de ces indices s'appuie sur des éléments qui ne faisaient pas partie du groupe analysé. Parmi les indicateurs géochimiques d'altération pour lesquels nous avons des mesures, il y a la covariation dans la composition entre Mn et Co. Cette covariation entre Mn et Co est causée par la co-précipitation de Co avec les hydroxydes de Mn durant les premières étapes de la météorisation (Hawkes et Webb, 1962; Kühnel, 1987). De notre côté, nous avons cherché à savoir si une telle corrélation existait entre les teneurs en Mn et Co et les autres paramètres de notre banque de données, incluant les types de faciès, l'altitude, la profondeur et la distribution régionale des échantillons. Il n'y a aucune corrélation entre les concentrations en Mn et en Co dans la composition géochimique des 59 échantillons d'altérites analysés. Une corrélation linéaire significative a cependant été observée dans les teneurs en Mn et en Co pour les échantillons provenant des colluvions de surface. Cette corrélation est non significative dans les dépôts glaciaires sous-jacents. La corrélation linéaire la plus forte entre le Mn et le Co a été observée dans les échantillons provenant de la traverse 400. La covariation des teneurs en Mn et en Co a été exprimée graphiquement pour les différents faciès de sédiments et de roche en place de ce secteur (fig. 11). Les colluvions infratill et le till de fond ont la corrélation la plus forte, tandis que les autres faciès ont une corrélation plus faible. Cet indicateur géochimique corrobore nos observations de terrain sur l'état d'oxydation profonde des matériaux dans ce secteur. La traverse 400 est située dans une zone où il y a peu de manifestations glaciaires et où la profondeur de l'oxydation dans le sol est importante. La surface de cette région n'aurait pas été érodée au cours de la dernière glaciation en Gaspésie (David et Leblond, 1985). La corrélation linéaire observée entre le Mn et le Co, plus forte pour les

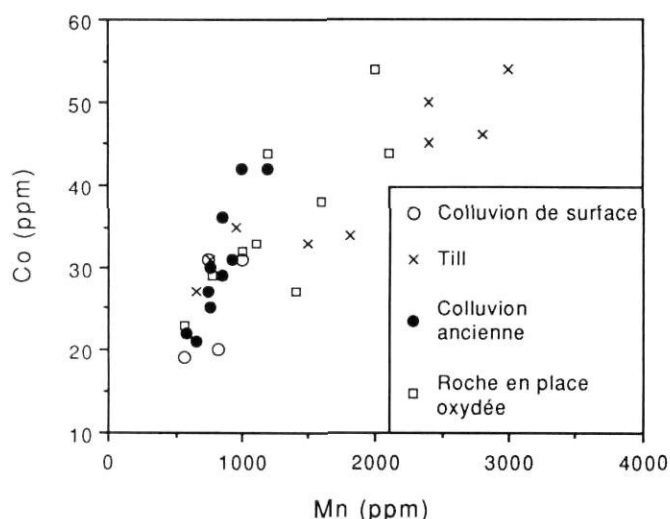


FIGURE 11. Diagramme binaire montrant la corrélation entre le manganèse et le cobalt dans la roche en place altérée et les différents faciès sédimentaires de la traverse 400.

X-Y plot of Mn and Co concentrations along transect 400. Empty circle: surficial colluvium; x: till; filled circle: sub-till colluvium; square: partially weathered bed rock.

colluvions infratill que pour les colluvions de surface, indique que les premières auraient subi une météorisation plus intense que les colluvions de surface. Elles pourraient probablement donc être associées à une surface de météorisation d'âge interglaciaire.

DISCUSSION

Nos observations ont permis de reconnaître dans l'ensemble de la région quatre surfaces de météorisation distinctes représentées par autant de matériaux géologiques de caractères différents. Ces matériaux sont: 1) les colluvions de surface, 2) les dépôts de pente intertill, 3) les colluvions infratill et, 4) les altérites.

Les colluvions de surface n'ont été soumises qu'aux processus de météorisation postglaciaire. Leurs fractions inférieures à 2 µm montre un faible lessivage des éléments mobiles (Co, Ni, Cu, Zn, As, U) et un faible enrichissement en éléments peu mobiles (Cr, Fe), par rapport aux dépôts glaciaires sous-jacents. De plus, les teneurs en Mn et en Co des colluvions de surface montre une corrélation linéaire significative, absente dans les dépôts glaciaires.

Les dépôts de pente intertill représentent la deuxième surface de météorisation. Ils ne sont pas oxydés et leur composition géochimique ne permet pas de reconnaître l'influence des processus de météorisation telle qu'observée pour les colluvions de surface. Cette unité, composée de matériaux gélifracés et chimiquement non altérés, s'est formée sous un climat froid, probablement de type périglaciaire.

Les colluvions infratill représentent la troisième surface de météorisation. Elles se caractérisent par leur limonitisation avancée et par le développement d'une corrélation linéaire très forte dans leurs teneurs en Mn et en Co. Cette constatation laisse croire que ces sédiments, qui appartiennent à une surface de météorisation antérieure à la dernière glaciation, ont été plus longuement altérés que les colluvions de surface. Le contraste entre la fraîcheur des dépôts de pente intertill et l'altération des colluvions infratill ne permet pas de les associer à la même période de météorisation. Nous croyons donc que les colluvions infratill appartiennent à une période de météorisation antérieure.

Les altérites représentent la quatrième surface de météorisation, la plus ancienne de la région. Elles se distinguent par leur degré d'altération très poussé, leur composition géochimique à la fois distincte de celle de la roche en place et des dépôts meubles, et par leur composition minéralogique. Nous avons déjà observé (fig. 7) que les vestiges de cette ancienne surface de météorisation ont été mieux préservés sur les versants de hauts sommets orientés NNO et SSE, ce qui correspond à la principale direction de l'écoulement glaciaire en Gaspésie (David et Lebus, 1985; Chauvin et David, 1987). Nous considérons que l'association entre cette ancienne surface de météorisation et la direction NNO et SSE témoigne en faveur d'une glaciation continentale en Gaspésie. Nous ne pouvons cependant pas préciser si cette surface d'érosion est le résultat d'un seul événement glaciaire ou de plusieurs ayant eu les mêmes directions générales d'écoulement.

ÂGE DE L'ALTÉRATION

À notre connaissance, il existe au Québec deux cas de datation d'altérites. Le premier cas est une formation de 15 m d'argiles latéritiques rouges mises à découvert au cours de travaux d'exploitation minière dans la région de Schefferville (Blais, 1959). Un âge crétacé lui a été attribué d'après un assemblage de 36 végétaux fossiles recueillis dans ces argiles. Le deuxième est la datation au ^{10}Be par Bouchard et Pavich (1989) de trois des vingt-six altérites dont on a parlé ci-dessus. Ailleurs dans les régions glaciaires de l'est de l'Amérique du Nord, la formation de kaolinite et de lignite de Brandon, au Vermont, contenant des débris d'arbres d'âge tertiaire inférieur (Barghoorn et Spackman, 1950) et le paléosol latéritique recouvert d'une lignite d'âge jurassique signalé sur la côte de l'état de New York par Liebling, (1973) ont également été datés. Par contre, d'autres sites d'altération profonde n'ont fait l'objet que de datations approximatives. Ainsi, Chalmers (1898b) avait attribué un âge tertiaire aux altérites aurifères de la vallée de la rivière Chaudière. Le mode de formation, couramment accepté, des pépites d'or associées à l'altération profonde est lié à la reprécipitation d'infimes quantités d'or dissous dans les sulfures disséminés dans la région qui sont libérés de la roche mère durant la météorisation (DiLabio, 1985). Le temps de formation des pépites d'or de plus d'un kilogramme, trouvées dans le ruisseau Gilbert vers le milieu du siècle passé (Chalmers, 1898b), doit s'étendre jusqu'au Tertiaire, vu la faible solubilité de l'or dans les eaux souterraines. L'altération profonde sur les hautes terres de Miramichi a également été estimée d'âge tertiaire par Wang *et al.* (1981). D'autre part, la roche en place altérée du mont Orford a été interprétée d'âge interglaciaire, en raison de sa composition minéralogique et géochimique relativement peu évoluée (De Kimpe *et al.*, 1984).

Les quatre surfaces d'altération que nous avons reconnues sur les hauts plateaux de la Gaspésie peuvent être associées à autant de périodes de météorisation différentes. De la plus jeune à la plus ancienne, il y a d'abord la surface de météorisation postglaciaire qui a commencé à se développer à partir de la déglaciation, il y a environ 12 ka (David et Lebus, 1985). Nous pensons que la deuxième surface de météorisation s'est développée sous un climat froid en raison de sa position intertill et des caractères physiques des sédiments qui y sont associés. Cette deuxième surface est probablement reliée à un retrait glaciaire local durant le Wisconsinien moyen (David *et al.*, en révision). La troisième surface, représentée par des colluvions chimiquement plus altérées que les dépôts de pente intertill, date probablement du Sangamonien. La surface la plus ancienne, représentée par les altérites, est stratigraphiquement inférieure aux deux unités de till dont l'âge n'est que wisconsinien. Nous croyons cependant que cette ancienne surface est d'âge tertiaire à cause de l'histoire minéralogique complexe révélée par les lames minces de l'altérite de la coupe 216.

L'âge minimal du dernier pléniglaciaire qui a érodé les altérites correspond au Wisconsinien supérieur. Cependant, la surface de météorisation interglaciaire, présente dans la zone de la traverse 400, s'est développée sur une roche en place saine déjà décapée de son manteau d'altérites par un

cycle d'érosion antérieur. Par analogie avec les travaux de Shiels et Blais, (1989) et Lamothe *et al.* (sous presse) qui considèrent la glaciation illinoïenne dans le sud du Québec comme étant le premier événement à l'origine de l'érosion des surfaces préglaciaires et les travaux de Hillaire-Marcel et de Vernal (1989), en milieu marin, qui situent à l'illinoïen la présence de la masse de glace continentale la plus importante du Pléistocène moyen et supérieur, nous croyons que, malgré l'absence d'indices directs, la glaciation illinoïenne a été un événement très important en Gaspésie en ce qui a trait à l'érosion.

Les âges au ^{10}Be obtenus par Bouchard et Pavich (1989) sur l'altérite de basalte (notre coupe 216, fig. 3a), varient entre 40 ka et 135 ka, ce qui leur a fait conclure que cette altérite a commencé à se former au cours du Sangamonien. Comme on le sait, le ^{10}Be est un élément cosmogénique qui est produit, au même titre que ^7Be , ^{14}C et ^3H , dans les hautes couches de l'atmosphère par la spallation d'atomes de O et N, sous l'influence du rayonnement cosmique (Arnold, 1956). Les atomes de Be cosmogénique sont ensuite filtrés de l'atmosphère et rabattus au sol par les précipitations où ils seront rapidement piégés dans les sédiments marins ou continentaux (Arnold, 1956). La présence de ^7Be (demi-vie 53,4 jours) dans l'eau des précipitations montre que le temps de résidence du Be cosmogénique dans l'atmosphère est relativement court (Brown *et al.*, 1981). Les premières mesures du ^{10}Be dans des forages océaniques par Merrill *et al.* (1960) ont démontré le potentiel de cet isotope pour établir la géochronologie des sédiments marins. La demi-vie du ^{10}Be , estimée à 1,5 Ma par Yiou et Raisbeck (1972), rend, en effet, cet isotope attrayant comme outil de datation du Quaternaire et de la fin du Tertiaire. Le ^{10}Be a ensuite été retracé dans les glaces polaires (Raisbeck *et al.*, 1978), dans l'eau des précipitations (Raisbeck *et al.*, 1979), et dans les sols (Brown *et al.*, 1981).

Une méthode de datation des sols par le ^{10}Be a ensuite été élaborée par Pavich *et al.* (1984, 1985, 1986) dans les régions non glaciaires du sud des États-Unis. Selon cette méthode, les minéraux argileux produits par la météorisation servent, par la suite, de piège aux atomes de ^{10}Be qui sont sans cesse rabattus au sol par l'eau de pluie. La quantité d'atomes de ^{10}Be , présente dans un profil d'altération, dépendra de l'influx en ^{10}Be à travers le profil et de la conservation des atomes piégés par la suite. Cette méthode repose donc sur la constance des conditions climatiques et l'absence d'érosion du profil d'altération. L'érosion est un paramètre très sensible car un solum argileux, au sommet du profil, contient jusqu'à 90 % du ^{10}Be présent dans les profils (Pavich *et al.*, 1985). De plus, la mobilité à long terme du Be dans les sols restreint l'utilisation de cette méthode aux profils d'altération plus jeunes que 200 ka (Pavich *et al.*, 1986).

La transposition en Gaspésie de cette méthode de datation des sols n'est pas sans risque, car les altérites n'appartiennent pas à un profil d'altération unique ayant évolué selon des conditions climatiques constantes. Au contraire, nos reconstitutions stratigraphiques montrent la présence de quatre surfaces de météorisation distinctes séparées par des périodes d'érosion de durée et d'importance inconnues. De plus,

l'âge tertiaire présumé pour les altérites dépasse nettement la limite supérieure d'application de la datation des sols par le ^{10}Be telle que définie par Pavich *et al.* (1986). Nous croyons donc que la méthode de datation par le ^{10}Be est inapplicable dans le contexte gaspésien et que l'âge sangamonien attribué aux altérites par Bouchard et Pavich (1989) ne doit pas être retenu.

CONCLUSION

La découverte de 26 sites d'altérites jette une nouvelle lumière sur l'histoire glaciaire de la Gaspésie. Les données minéralogiques et géochimiques indiquent que ces altérites représentent les vestiges d'une très ancienne surface de météorisation formée sous un climat chaud et humide, vraisemblablement d'âge tertiaire. La distribution des sites d'altérites sur les versants des montagnes, le plus souvent orientés NNO et SSE est un nouvel indice de glaciation continentale sur les hauts plateaux de la Gaspésie. Cette distribution ordonnée des altérites indique également que tous les glaciers continentaux qui ont traversé la Gaspésie durant le Pléistocène se sont toujours écoulés dans la même direction générale NNO-SSE.

Le dernier pléniglaciaire qui a remodelé à l'échelle régionale les grands reliefs de la Gaspésie selon la direction NNO-SSE date du Wisconsinien inférieur. Nous croyons cependant que le décapage régional du manteau d'altérites préglaciaires est pré-sangamonien.

Trois autres surfaces de météorisation ont également été reconnues dans les dépôts meubles de la région. Ce sont la surface actuelle, une surface interstadiaire et une surface interglaciaire. Les sédiments associés à ces surfaces montrent différents degrés d'altération déterminés à partir de leurs caractères physiques et de leur composition minéralogique et géochimique. La surface de météorisation actuelle, associée aux colluvions de surface, est postérieure au retrait de la dernière glaciation, il y a environ 12 ka. La deuxième surface, associée à une unité de gélifracis non altérés en position stratigraphique intertill, s'est développée sous un climat froid interstadiaire, probablement au cours du Wisconsinien moyen. La troisième surface, associée à des matériaux altérés enfouis, s'est formée sous un climat semblable à celui d'aujourd'hui, vraisemblablement durant un interglaciaire, probablement le Sangamonien.

L'âge sangamonien proposé pour trois de ces altérites par Bouchard et Pavich (1989) est inconciliable avec nos données stratigraphiques, minéralogiques et géochimiques. Nous croyons que l'âge au ^{10}Be anormalement jeune de ces altérites provient du fait que la méthode utilisée est inadéquate pour la datation de coupes comprenant une superposition de plusieurs profils d'altération séparés par des intervalles d'érosion et de sédimentation glaciaire. Les principaux inconnus sont: 1) la quantité de ^{10}Be perdue dans la partie sommitale tronquée de chacun des profils d'altération superposés; 2) la variation de l'influx en ^{10}Be dans le sol selon que le climat est glaciaire, interglaciaire ou préglaciaire. De plus, l'âge tertiaire présumé pour ces altérites dépasse très largement les limites d'application du ^{10}Be qui n'est valable

que pour la datation de sols plus jeunes que 200 ka (Pavich et al., 1986).

REMERCIEMENTS

Les travaux de terrain et les analyses géochimiques ont été financés à partir d'un contrat de recherche de la Commission géologique du Canada accordé au second auteur (PPD). M. Guy Valiquette du Département de génie minéral de l'École polytechnique de Montréal a contribué à la description des lames minces et a apporté des commentaires utiles au texte. Les lames minces ont été préparées par M. Jean-Pierre Bourque de l'Université de Montréal. Les auteurs remercient MM. Bernard Héту du Département de géographie de l'Université du Québec à Rimouski et William W. Shiels de la Commission géologique du Canada pour leurs précieux commentaires.

RÉFÉRENCES

- Arnold, J. R., 1956. Beryllium-10 produced by cosmic rays. *Science*, 124: 584-585.
- Avramtchev, L., édit., 1985. Carte géologique du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, DV 84-02, carte n° 2000.
- Barghoorn, E. S. et Spackman, W. Jr., 1950. Geological and botanical study of the Brandon lignite and its significance in coal petrology. *Economic Geology*, 45: 344-357.
- Becker, G. F., 1895. Reconnaissance of gold fields of southern Appalachians. U.S. Geological Survey, Annual Report, 16: 251-331.
- Bédard, P. et David, P. P., 1989. Érosion glaciaire et préservation de saprolites sur les hauts plateaux de la Gaspésie centrale. Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada (GAG MAG) Annual Meeting, Program with Abstracts, 14: A130.
- Blais, R. A., 1959. L'origine des minerais crétacés du gisement de fer de Redmond, Labrador. *Naturaliste canadien*, 86: 265-299.
- Borns, H. W., Jr. et Allen, H. W., 1963. Pre-glacial residual soil in Thomaston, Maine. *Journal of Sedimentary Petrology*, 33: 675-679.
- Bouchard, M., Bédard, P. et Pavich, M. J., 1987. Caractéristiques de saprolites des environs des monts McGerrigle, Gaspésie, Qué.: apport à l'étude glaciaire dans cette région. International Union for Quaternary Research (INQUA), 12th Congress, Ottawa, 134.
- Bouchard, M. et Pavich, M. J., 1989. Characteristics and significance of pre-Wisconsinan saprolites in the northern Appalachians. In A. Godard, édit., *Weathered mantles (saprolites)*. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplementband, 72, 125-137.
- Boulton, G. S., 1974. Processes and patterns of glacial erosion, p. 41-87. In D. R. Coates, édit., *Glacial Geomorphology*. Publications in Geomorphology, State University of New York, Binghamton.
- Brown, L., Sacks, I. S., Tera, F., Klein, J. et Middleton, R., 1981. Beryllium-10 in continental sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 55: 370-376.
- Butt, C. R. M. et Smith, R. E., 1980. Conceptual models in exploration geochemistry — Australia. *Journal of Geochemical Exploration*, 12: 89-365.
- Chalmers, R., 1898a. The pre-glacial decay of rocks in eastern Canada. *American Journal of Science*, 4: 273-282.
- 1898b. Report on the surface geology and auriferous deposits of south-eastern Quebec. Geological Survey of Canada, Report of Activities, Par J, 161 p.
- Chauvin, L. et David, P. P., 1987. Dispersion glaciaire d'erratiques en Gaspésie centrale et ses applications. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la géologie, Québec, Rapport final, ET 86-01, 66 p.
- Clément, P. et De Kimpe, C. R., 1977. Geomorphological conditions of gabbro weathering at Mount Mégantic, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14: 2262-2273.
- David, P. P. et Bédard, P., 1986. Stratigraphy of the McGerrigle Mountains granite trains of Gaspésie. In *Current Research, Part B*, Geological Survey of Canada, Paper 86-1B, 319-328.
- David, P. P., Bédard, P. et Charbonneau, R., en révision. Stratigraphy, geochemistry and origin McGerrigle granite trains and associated deposits of Gaspésie, Québec. Geological Survey of Canada.
- 1988. Stratigraphy and geochemistry of the McGerrigle granite trains of Gaspésie, Québec. In *Current Research, Part B*, Geological Survey of Canada, Paper 88-1B: 187-199.
- David, P. P. et Leblais, J., 1985. Glacial maximum and deglaciation of the western Gaspé Québec, Canada. *Geological Society of America, Special Paper*, 197: 85-109.
- De Kimpe, C. R., LaSalle, P. et Laverdière, M. R., 1984. A sub-till saprolite and the overlying soil profile near Mount Orford, southern Québec. *Canadian Journal of Soil Sciences*, 64: 577-585.
- DiLabio, R. N. W., 1985. Gold abundances vs. grain size in weathered and unweathered till. In *Current Research, Part A*, Geological Survey of America, Paper 85-1A: 117-122.
- Doyon, M. et Valiquette, G., sous presse. Les roches magmatiques du centre de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, Rapport final.
- Gauthier, R. C., 1980. Decomposed granite, Big Bald Mountain area New Brunswick. In *Current Research, Part B*, Geological Survey of Canada, Paper 80-1B: 277-282.
- Goldthwait, J. W. et Kruger, F. C., 1938. Weathered rock in and under the drift in New Hampshire. *Geological Society of America Bulletin*, 49: 1183-1198.
- Harnois, L., 1988. The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, 55: 319-322.
- Hawkes, H. E. et Webb, J. S., 1962. *Geochemistry in mineral exploration*. Harper & Row, New York, 415 p.
- Héту, B. et Gray, J. T., 1985. Le modèle glaciaire du centre de la Gaspésie septentrionale, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39: 47-66.
- Hillaire-Marcel, C. et de Vernal, A., 1989. Isotopic and palynological records of the late Pleistocene in eastern Canada and adjacent ocean basins. *Géographie physique et Quaternaire*, 43: 263-290.
- Hillefors, Å., 1985. Deep-weathered rock in western Sweden. In P. Fogelberg, édit., *Preglacial weathering and planation*. *Proceedings of a field symposium in Finland, Fennia*, 163: 293-301.
- Jackson, M. L., Tyler, S. A., Willis, A. L., Bourbeau, G. A. et Pennington, R. P., 1948. Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments. *Journal of Physical and Colloidals Chemistry*, 52: 1237-1260.
- Kerr, P. F., 1930. Kaolinite from a Brooklyn subway tunnel. *American Mineralogist*, 15: 144-158.

- Kühnel, R. A., 1987. The role of cationic and anionic scavengers in laterites. *Proceedings of an International Seminar on Laterites*, Oct. 14-17, 1985, Tokyo, Chemical Geology, 60: 31-40.
- Lamothe, M., Parent, M. et Shilts, W. W. (sous presse). Early Wisconsinan events in the St. Lawrence lowland and Appalachians of southern Quebec, Canada. *In* P. U. Clark et P. D. Lea, édit., Geological Society of America, Special paper.
- LaSalle, P., De Kimpe, C. R. et Laverdière, M. R., 1985. Sub-till saprolites in southeastern Quebec and adjacent New England: Erosional, stratigraphic and climatic significance. *Geological Society of America, Special Paper*, 197: 13-20.
- Liebling, R. S., 1973. Clay minerals of the weathered bedrock underlying coastal New York. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 1813-1816.
- Lozet, J. et Mathieu, C., 1986. *Dictionnaire de Science du Sol. Technique et documentation* Lavoisier, Paris, 269 p.
- Lundqvist, J., 1985. Deep-weathering in Sweden. *In* P. Fogelberg, édit., *Preglacial weathering and planation. Proceedings of a field symposium in Finland, Fennia*, 163 (2): 287-292.
- McKeague, J. A., Grant, D. R., Kodama, H., Beke, G. J. et Wang, C., 1983. Properties and genesis of a soil and the underlying gibbsite-bearing saprolite, Cape Breton Island, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20: 37-48.
- Merrill, J. R., Lyden, E. F. X., Honda, M. et Arnold, J. R., 1960. The sedimentary geochemistry of the beryllium isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 18: 108-129.
- Pavich, M. J., Brown, L., Harden, J., Klein, J. et Middleton, R., 1986. ^{10}Be distribution in soils from Merced River terraces, California. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50: 1727-1735.
- Pavich, M. J., Brown, L., Klein, J. et Middleton, R., 1984. ^{10}Be accumulation in a soil chronosequence. *Earth and Planetary Science Letters*, 68: 198-204.
- Pavich, M. J., Brown, L., Valette-Silver, J. N., Klein, J. et Middleton, R., 1985. ^{10}Be analysis of a Quaternary weathering profile in the Virginia Piedmont. *Geology*, 13: 39-41.
- Peulvast, J.-P., 1985. *In situ* weathered rocks on plateaux, slopes and strandflat areas of the Lofoten-Vesterålen, North Norway. *In* P. Fogelberg, édit., *Preglacial weathering and planation. Proceedings of a field symposium in Finland, Fennia*, 163 (2): 333-340.
- Raisbeck, G. M. et Yiou, F., 1979. Deposition rate and seasonal variations in precipitation of cosmogenic ^{10}Be . *Nature*, 282: 279-280.
- Raisbeck, G. M., Yiou, F., Fruneau, A. M., Lieuvain, M. et Loiseaux, J. M., 1978. Measurement of ^{10}Be in 1,000- and 5,000-year-old Antarctic ice. *Nature*, 275: 731-733.
- Rutherford, G. K. et Churchward, M. H., 1975. The properties and origin of an apparently deeply weathered soil profile near Gould Lake, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 12: 580-588.
- Shilts, W. W. et Blais, A., 1989. Field guide — St-Joseph-de-Beauce region, p. 3-26. *In* P. LaSalle, édit., *Friend of Pleistocene*, 52nd Annual reunion, Guidebook for field excursions, Québec.
- Shilts, W. W. et Smith, S. L., 1986. Stratigraphy setting of buried gold-bearing sediment, Beauceville area, Quebec. *In* *Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 86-1B*, 271-278.
- 1988. Glacial geology and overburden drilling in prospecting for buried gold placer deposits, southeastern Quebec, p. 141-169. *In* P. Rodger, édit., *Prospecting in areas of glaciated terrain-1988*, CIM-IMM, Geology Division of Canadian Institute of Mining and Metallurgy.
- Singer, A., 1978. The nature of basalt weathering in Israel. *Soil Sciences*, 125 (4): 217-225.
- 1980. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles. *Earth Sciences Reviews*, 15: 303-326.
- Thomas, R. D., Gleeson, C. F., Rampton, V. N. et Ruitenberg, A. A., 1985. Geochemistry and geology of surficial materials overlying part of eastern St. George batholith, New Brunswick. *New Brunswick Department of Natural Resources, Geological Surveys Branch, Report of Investigation*.
- Veillette, J. J. et Nixon, F. M., 1982. Saprolite in the Big Bald Mountain area New Brunswick. *In* *Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, paper 82-1B*, 63-70.
- Wang, C., Ross, G. J. et Rees R. W., 1981. Characteristics of residual and colluvial soils developed on granite and of the associated pre-Wisconsin landforms in North-central New Brunswick. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 487-494.
- Willmer, J. L., Futrell, G. E. et Langfelder, J., 1982. Settlement predictions in piedmont residual soils. *Proceedings of the ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference, American Society of Civil Engineers*, 629-646.
- Yiou, F. et Raisbeck, G. M., 1972. Half life of ^{10}Be . *Physical Review Letter*, 29: 372-375.